

文章编号:1003-8345(2004)04-0007-08

球墨铸铁件冒口补缩失败原因分析

——球墨铸铁缩松、缩孔问题探讨(二)

周 豆

(中国第一汽车集团 解放汽车有限公司 无锡柴油机分公司,江苏 无锡 214026)

摘要:除铸型刚度和铁液冶金质量外,球铁件冒口补缩失败的原因主要是:①采用冷冒口和明冒口;②冒口设置位置不当;③冒口直径或高度偏小;④内浇道不能在浇注结束时及时凝固;⑤铸件存在与冒口补缩通道不相通的孤立热节;⑥薄、小件补缩通道窄小,冒口补缩不进等。

关键词:球铁;缩松;补缩

中图分类号:

文献标识码:

Analysis of Reasons Causing Riser/Feeder Feeding Failure in Nodular Iron Castings Production

——An Approach to Shrinkage Problems of Nodular Cast Iron(II)

ZHOU Gen

(Wuxi Diesel Engine Branch, Jiefang Automotive Co.Ltd., China First Automotive Group, Wuxi 214026, China)

Abstract: In addition to mould rigidity and metallurgical quality of molten iron, the main reasons causing riser/feeder feeding failure in nodular iron castings production are: (a) open and cold metal flowing-off risers were used; (b) feeder location not proper; (c) feeder too small or/and too low; (d) ingates couldn't freeze up instantly after pouring stopped; (e) there're isolated hot spots in the casting which weren't con-

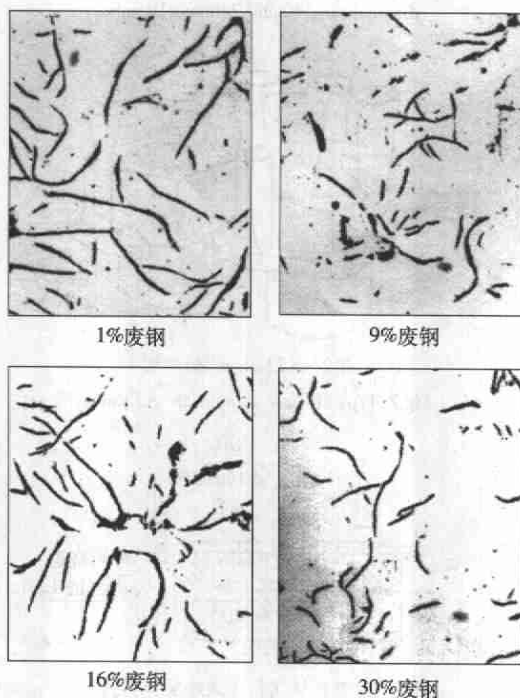


图7 圆柱试样的石墨 100×
Fig.7 Graphite of cylinder specimen 100×

3 结论

(1)与国外生产的叶轮相比,国产镍奥氏体铸铁叶轮的石墨较大,并且存在过冷石墨,这是导致表面粗糙度较差的主要原因。

(2)随着壁厚增加,冷却速度降低,石墨变得比较粗大,硬度降低。

(3)废钢的加入量对石墨的形态和硬度有较大的影响,废钢加入量增加,奥氏体枝晶发达,石墨细化,硬度增加。

(4)石墨的形态对加工表面粗糙度有较大影响,均匀分布的、细小的A型片状石墨有利于降低加工表面粗糙度,而簇状分布的石墨使加工表面粗糙度增加。

参 考 文 献

- [1]崔恒宜.合成铸铁的生产工艺[J].现代铸铁,2000,(3):47-49.
- [2]逢伟.高品质灰铸铁的生产技术[J].汽车工艺与材料,2002,(11):14-16.

nected with feeding channel of the feeder; (f) feeding channel of small and thin section castings too narrow for feeding liquid to enter into castings; and so on.

Key words: nodular iron; shrinkage; feeding;

笔者在文献[1]中已阐明:虽然球铁的碳当量较高,石墨化膨胀量较大,但仍不足以全部抵消液态和凝固收缩,因此球铁件铸造除了利用石墨化膨胀进行自补缩之外必须进行外补缩。无冒口铸造和冒口补缩铸造的差别在于前者是用浇注系统进行外补缩,后者是用冒口进行外补缩。由于浇注系统的补缩能力往往不如冒口,因而无冒口铸造对铸型条件以及其他工艺条件的要求远远高于采用冒口补缩。由于这个缘故,冒口补缩工艺仍然是目前球铁件的主要生产工艺。然而,冒口补缩工艺在实际应用中遭遇失败的实例也甚多,对引起失败的原因进行分析,将有助于认识球铁的工艺特性和正确掌握球铁件的铸造工艺。

根据笔者的实践,除铸型刚度、化学成分和铁液熔炼处理方面的因素之外,造成球铁件冒口补缩失败的原因主要有下面几个方面:

1 冷冒口和明冒口引起缩孔、缩松

不少文献列举实例,企图证明某些球铁铸件用冒口补缩工艺缩孔、缩松解决不了,必须用无冒口工艺才能解决。如图1A是文献[2]所举的实例。采用湿型浇注,结果在冒口根部产生缩孔。后来采用干型无冒口工艺铸造(图1B),将铸件翻转,底面加厚大冷铁,消除了缩孔。因而认为该件只能采用干型无冒口铸造,不能用冒口补缩。图2是S. I. Karsay^[3]所举的实例,用冒口补缩(左面)产生缩松,改用无冒口工艺(右面)反而无缩松了。

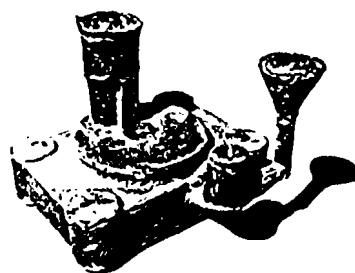
图3是文献[4]的实例,采用呋喃砂型,环形浇道,大飞边冒口(飞边冒口颈厚10 mm),上下面设外冷铁。结果冒口颈处发生严重缩孔。把冒口取消后,问题才得到解决。

40多年前,锡柴在试制各种球铁齿轮时,也曾试用过图4和图5所示的工艺。结果浇道与铸件交接处和冒口颈根部都有严重缩孔、缩松。多次变换浇注系统设计和改变冒口及冒口颈尺寸均无效,

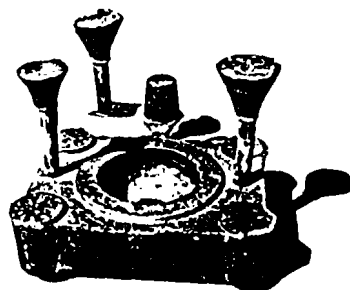
收稿日期:2004-06-18

作者简介:周亘(1937-),男,退休高级工程师,长期从事球铁试验研究及生产技术工作,参与镁球铁在柴油机上应用的早期工作,是稀土镁球铁试验研究开发早期工作的主要参与者。

而且冒口越是加大,缩孔、缩松越严重。最后,改用图6的工艺(轮毂较小时,内孔不铸出)后,问题才得到解决。



(A) 湿型加冒口补缩



(B) 干型加厚大冷铁,无冒口

图1 文献[2]的实例(铸件尺寸340mm×248mm×105mm)
Fig.1 Typical case showed in reference [2] (casting dimensions: 340mm×248mm×105mm)

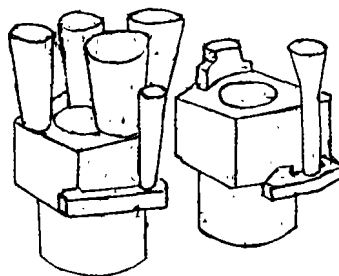


图2 S.I.Karsay^[3]的实例

Fig.2 Typical case showed by S.I.Karsay^[3]

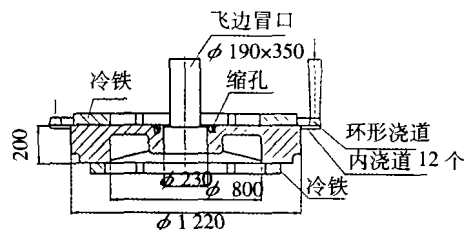


图3 大型球铁飞轮飞边冒口铸造^[4]

Fig.3 Flash-neck cold riser method of a large nodular iron fly wheel^[4]

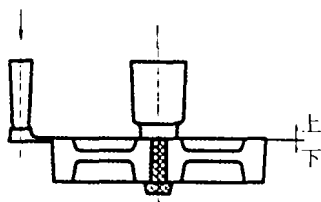


图4 齿轮的冷冒口工艺(湿型,内浇道2~4个)

Fig.4 Method of a gear wheel with a top cold riser on the boss (green mold, 2 or 4 ingates)

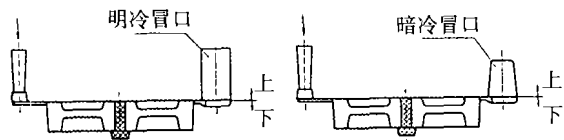


图5 齿轮的冷边冒口工艺(湿型,内浇道2~4个)

Fig.5 Method of a gear wheel with a side cold riser (green mold, 2 or 4 ingates)

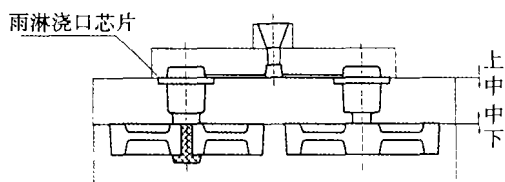


图6 齿轮的冷边冒口工艺(湿型)

Fig.6 Method of a gear wheel with gating through a hot feeder on the top of the boss

与图6对比,不难看出图1~图5所示冒口补缩工艺的失败原因是一样的:

(1) 采用明冒口,导致石墨化膨胀压力松弛,使膨胀不能用于补缩。

(2) 铁液先进入铸件,再由铸件进入冒口,后者温度始终低于铸件,故称为“冷冒口”;由于早于铸件凝固,不但不能起补缩作用,反而从铸件抽吸铁液,使铸件产生缩松/孔。不少人企图通过加大冷冒口的尺寸希望能使其冷速减慢,起到补缩作用,结果是:冷冒口越大,铸件排放的冷铁液越多,“上冷下热”温差越大,缩孔、缩松越严重。即使浇注后往冷冒口冲注热铁液,由于冲入铁液量有限,根本不能扭转情况。如下文将介绍的6110蠕铁缸盖,原工艺就是采用冷明冒口,浇注后立即往冒口冲注热铁液,缩孔、缩松和气缩孔长期解决不了,废品率居高不下^[9];将明冷冒口改为暗冷冒口,情况也没有改善。图6的工艺恰好相反,铁液经由冒口进入铸件,冒口温度高于铸件,故称为“热冒口”,冒口迟于铸件凝固,使轮毂部位直接得到补缩,而从轮毂流出的铁液向周围的轮辐扩散时,由

于轮辐散热面积大,铁液温度迅速降低,然后分散进入轮缘部位,加上顶注冒口压力较大,因而也能防止轮缘部位缩松。

均衡凝固技术^[6]推荐的“飞边冷冒口”、“鸭嘴冷冒口”和冒口颈设冷铁的“冷颈冒口”实际上都是企图通过使冒口颈在浇注结束时尽快凝固,减少冷冒口从铸件抽吸铁液来防止冒口颈处缩孔/松。这样的冒口当然没有补缩作用,图3即为失败实例之一。从排气考虑,有效排气面积决定于冒口颈的面积,冒口再大,也不能增加排气面积,何况增大排气面积也未必是解决气孔的有效方法^[9]。有人以为,增大冷铁液排放量可以更换铸件顶部铁液,提高顶面温度,利于气体排出,并使冒口起集渣作用,实践证明:由于液流路线固定(内浇道→冒口),能更换铁液的只限于顶部的局部区域,而气孔和夹渣浮到顶面后,总是黏附在铸型顶面,根本不会听从人意进入冒口。而且靠排放冷铁液提温,即使顶部局部区域温度提高了,本来偏高的下部温度更加提高,更加重“上低下高”的温度分布状况,仍旧是顶面先冷却结皮,形成夹渣,阻止气体排出。因此,采用冷冒口即使没有引起缩松/孔也是浪费铁液。此外,笔者的实践证明^[9],排气不能只靠增加气眼面积,更要利用铁液压力;应当采用气眼针(包括扁气眼针)取代冷冒口,尽量缩小尺寸和减少个数,减少冷铁液排放量,并且最好避免采用本体气眼,尽量采用边气眼,用尽量薄的连接片与铸件连接,否则气眼针根部也会形成大的热节而引起缩孔和气缩孔(气孔、夹渣问题另文探讨)。

2 冒口位置不当

锡柴曾长期使用图6的工艺生产各种球铁齿轮,质量一直较稳定。但这种方法要用三箱造型,比较麻烦。为了既通过冒口进铁,又避免三箱造型,适合流水生产,后来改用图7的边冒口和图8的压边冒口补缩工艺,也是目前大部分工厂普遍采用的工艺。较大的齿轮一个铸件用一个冒口,中、小型齿轮两个或4个铸件合用一个冒口。质量都不很稳定,轮毂和轮缘某些部位总是难免有缩松,即使改为一个铸件两个冒口,轮毂内孔设冷铁,缩松问题仍不能根除。原因是轮缘处的热节是个狭长形封闭环,从局部一处或两处设置的冒口进铁,铁液流向不定(向前、向左、向右都可能),凝固顺序

混乱,因而轮缘冒口部位和非冒口部位以及轮毂部位都可能发生缩松。此外,金相检查发现,与轮缘其他部位相比,冒口部位由于过热,往往石墨粗大,球数和铁素体量偏少,即使设置冷铁,亦难以改变情况。通过热处理可以在一定程度上改变基体组织,但热处理并不能改变石墨大小和数量,而石墨大小和数量对热处理后的基体组织仍有影响,基体组织仍不可能达到均匀一致。这种情况对要求较高的等淬(奥贝)球铁齿轮来说,是极为不利的,因为这种薄弱点在齿轮工作时很容易成为失效源。采用图6的工艺可以避免这种情况发生。为此,对于尺寸较小的齿轮,为了实现两箱造型一型多件和流水线生产,建议采用图9的工艺;对于大尺寸轮形铸件,要实现两箱造型上线生产,只能在轮缘部位采用断续环形压边冒口补缩(图10),轮毂内设置冷铁或用铁芯。为了提高工艺出品率,也可以用尺寸较大、带缺口的环形横浇道作压边冒口使用,但与之相比,图10的工艺有两个优点:①进铁比较均匀,能确保同时凝固,而且浇注速度容易控制;②内浇道在浇注后立即凝固,可以避免膨胀压力松弛。因而效果较好。

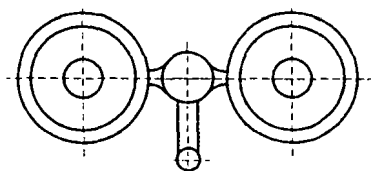


图7 齿轮用边冒口补缩(湿型)
Fig.7 Using side feeder to feed gear wheels (green mold)

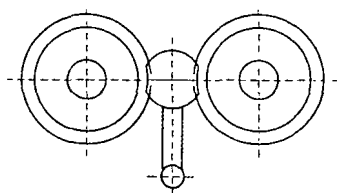


图8 齿轮用压边冒口补缩(湿型)
Fig.8 Using Connor feeder to feed gear wheels (green mold)

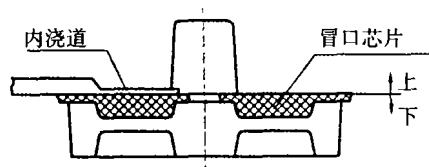


图9 小齿轮两箱造型,一型多件工艺(湿型)
Fig.9 Method for multi pieces of gear wheels per mould
(green sand moulding with two flasks)

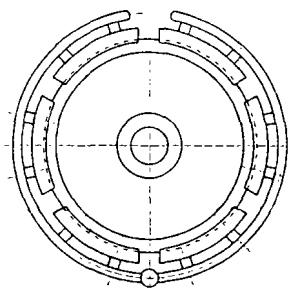


图10 大尺寸轮形铸件两箱造型工艺(湿型)
Fig.10 Method for large wheel (green sand molding with two flasks)

图11A和11B所示工艺也是冒口位置不当的实例。虽然都使用热冒口,其中图11B符合“冒口要靠近铸件热节,又要离开热节”的原则^[6],结果都由于薄壁部位的补缩通道容易堵塞,导致凸台部位补缩不足而产生内部缩孔和表面缩凹。改用图11C的工艺(冒口直接设在凸台上,每个凸台设一个冒口,经由冒口进铁)问题才得到解决。

图6和图11的实例说明,冒口应当设在热节上,使热节直接得到补缩;对于热节较小而较多的铸件(如图6轮缘处的一圈热节),如果不便采用多个冒口补缩,应使不能由冒口直接补缩的热节远离冒口,以便通过延长铁液流动距离增大温降来避免或者减少这些热节的缩松。如果厚大热节不止一个,而且又不能用同一个冒口补缩时,各个热节只能由各自的冒口补缩(如图11C)。

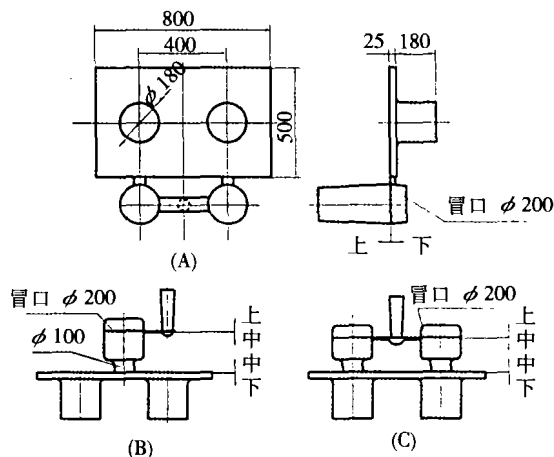


图11 带厚大凸台板形铸件的工艺
Fig.11 Different methods for a plate casting with two big heavy section bosses

3 冒口直径或高度偏小

冒口偏小会先于铸件热节凝固,不但起不到

补缩作用,反而从热节抽吸铁液;冒口高度偏小则压力不足,没有足够的动力将铁液送入铸件,都会引起缩松。对此,作者的经验也与文献[6]有所不同,后者认为冒口可以先于铸件热节凝固,因而可以小于铸件热节。

以锡柴的4A110 曲轴为例,法兰端热节为 $\phi 120$ mm。1957~1965年采用纯镁处理球铁,缩松倾向大,采用图12A的球形冒口(卧浇竖冷),冒口直径D和冒口颈直径d分别为200 mm和140 mm。冒口和冒口颈都远比铸件热节大,虽然现已证明球形并非最佳冒口形状,但连续生产8年,从未发现冒口颈处有缩孔、缩松,说明所谓“接触热节”^[6]大并不会引起缩孔/松。原因是,进入冒口的内浇道较薄,凝固较快,加上浇注一结束,马上用泥塞头堵塞直浇道,使其立即凝固,将冒口与铸件一起封闭起来,可以防止石墨化膨胀压力松弛,而冒口和冒口颈比铸件热节大,迟于铸件凝固,使后者得到充分补缩。该工艺的缺点是工艺出品率低和冒口需用机床切割。为此,1965年稀土镁球铁投产后,曾长时间反复进行缩小冒口和冒口颈试验。其中曾试用图12B的圆柱形冒口,D/d缩小到 $\phi 80$ mm/ $\phi 40$ mm,多次试验结果,冒口颈处一直有严重缩孔。之后,按“冒口颈铸件热节模数比=0.5~0.6”的经验关系,把d先取上限定为 $\phi 70$ mm,逐渐增大冒口直径,发现要防止冒口颈缩孔/松,D不能小于 $\phi 130$ mm;然后D不变,缩小d。又发现d不能小于 $\phi 65$ mm。但冒口颈打断仍很困难。最后,通过使用易割芯片,将冒口颈长度缩短到10 mm,降低冷却速度,使d缩小到 $\phi 55$ mm(图12C),解决了不容易打断问题,冒口颈缩孔/松也基本解决,但遇到工艺波动,缩孔/松仍然要发生,质量情况仍旧不如采用大冒口颈稳定。1983年开始生产的6110型曲轴采用卧浇卧冷工艺,上线生产前所用冒口如图12D所示。由于铸件端部直径略小($\phi 112$ mm),D缩小为 $\phi 120$ mm,d仍为 $\phi 55$ mm,冒口颈缩孔/松问题仍时有发生。试验证明:冒口尺寸已足够,问题的原因是冒口颈偏小,而为了便于打断,冒口颈不能放大,只好在曲轴法兰外圆上、下各放一块厚大的弧形冷铁,缩小铸件热节,问题才算解决。以上实例证明,从防止缩松孔考虑,冒口不能小于铸件热节,冒口颈也不宜过小。

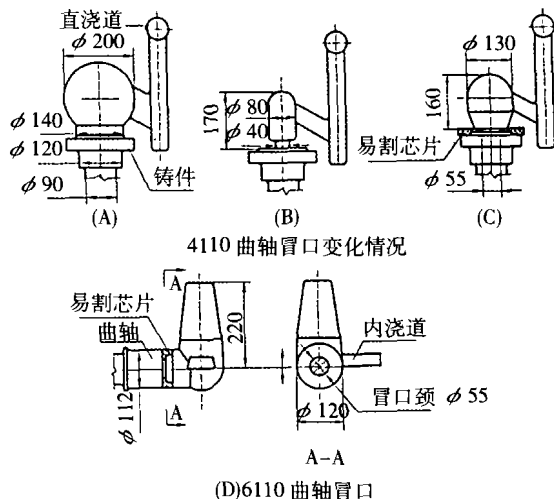


图12 3A、4A110 曲轴冒口改进过程及6110曲轴冒口
Fig.12 Improvement process of feeders for 3A110& 4A110 crankshafts and feeder for 6110 crankshaft

4 铸件局部地区存在与冒口补缩通道不相通的孤立热节

在各种曲轴生产中,笔者发现,冒口对各轴颈心部的补缩作用较明显,而对各曲拐内侧转角部位几乎没有补缩作用。笔者曾进行过图13所示的试验:在同一铸型(湿砂静压造型,B刻度硬度85~90度)内,同时用无冒口和冒口补缩两种工艺铸造6110曲轴,铸件解剖发现:在冒口补缩的曲轴各档轴颈心部都没有缩松,无冒口曲轴各档轴颈心部都有大小为 $\phi 20 \sim \phi 30$ mm的缩松。用计算机进行凝固模拟显示,最后凝固区也与这些部位吻合。说明铸件内部存在着贯穿整根曲轴各个轴颈心部的液态补缩通道。此通道经过的热节在冒口补缩时没有缩松,没有冒口补缩就有缩松。而曲轴加工后表面磁力探伤经常发现,无论是无冒口铸造还是冒口补缩的曲轴,各曲拐内侧转角处往往有缩松,说明这些部位有孤立的热节存在,这些热节不与心部的补缩通道相通,不能得到补缩,因此容易产生缩松。为此,这些部位需要设置冷铁。可以想象,其他铸件也会有这种孤立热节。如轮形铸件采用图6的工艺时,如果轮缘较厚,轮辐过薄;或者轮辐有较大的铸孔,由于轮辐凝固过快,也会使轮缘成为孤立热节。因此,轮缘处有时(如果不能通过铁液降温避免缩松时)也需要设置冷铁才能防止缩松。但锡柴所生产的A110、120和125系列柴油机

的各种齿轮均未发生这种情况,可以作为实例的是:上世纪90年代初,国内某活塞厂曾生产一种顶段为球铁,裙部为铝合金的组合活塞。图14为其顶段铸件示意图。顶部薄,外圆厚。外圆要加工出多道环槽,中部凸台也有加工孔,均不允许有缩松。委托多家工厂试制均未成功。最后请无锡球铁研究所试制。曾多次用图7和图8的工艺,从边缘进铁,始终未获成功,最后也是仿照图6的工艺,并在环槽部位外侧安放冷铁获得成功。这个实例说明,为了防止孤立热节产生缩松,在用冒口补缩的同时,使用冷铁仍然是必要的。但与无冒口工艺相比,冷铁用量可以大为减少。

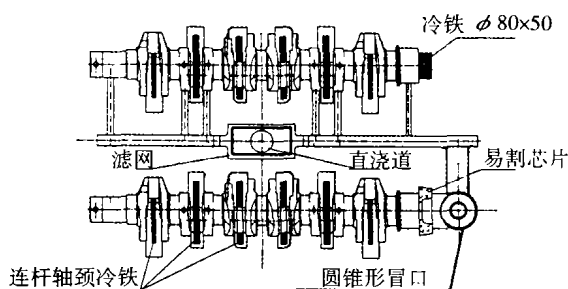


图13 6110曲轴两种工艺对比试验(湿型)
Fig.13 Comparison test between two methods of 6110 crankshaft (green sand mould)

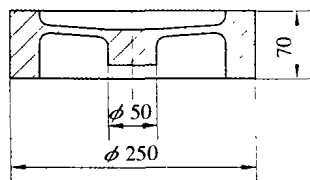


图14 球铁活塞顶铸件图
Fig.14 Casting drawing of the nodular iron top section of a piston

5 内浇道未能在浇注结束时及时凝固,冒口未能形成穿顶缩孔

R W Heine^[7-8]发现,如果冒口在浇注结束时立即形成穿顶的缩孔(或称缩管),铸件与冒口颈交接处一般不会有缩孔、缩松;如果缩孔不穿顶,而是位于冒口的中、下段,则缩松/孔往往会延伸到冒口颈与铸件交接处而导致铸件报废。使冒口形成穿顶缩管的关键之一是内浇道在浇注结束时必须立即凝固,为此内浇道要尽量薄(截面积不够可增加宽度,或者一个冒口用两个内浇道);其次是冒口的形状要有利于自上而下的冷却模式。

往常为了使冒口散热速度慢,冒口顶常做成半球形,而实践证明,球形顶部不利于形成穿顶缩管。为此冒口形状宜做成上小下大、平顶的(或者顶面略有凹陷的)锥台形。这样在浇注结束时,内浇道迅速凝固,切断来自直浇道的压力后,铁液发生液态收缩,冒口内液位下降即会形成穿顶的缩管。研究证明,这种征象表明冒口内的铁液能较好地进入铸件,起到补缩作用。此外,内浇道在浇注结束时立即凝固还有助于将铸件连同冒口封闭起来,避免随后的石墨化膨胀压力松弛。锡柴的6110曲轴从地面浇注改为上静压线生产时,由于自动化造型不允许法兰处放冷铁,而冒口颈又不允许改大,尽管砂型硬度大幅度提高,冒口颈处仍然再次发生缩孔、缩松,加大和加高冒口均无效。后来通过在保持截面积不变的前提下,将内浇道的厚度减小,宽度相应加大(由45 mm×20 mm改为100 mm×9 mm),使其在浇注结束时迅速凝固,冒口颈缩孔问题才得到了解决。凸轮轴上线生产时,也遇到同样问题,后来将内浇道做得又薄又长(厚度只有4 mm,见图15),使其尽快凝固,问题也得到解决。必须强调:①先凝固的必须是内浇道,决不能让冒口颈先凝固,否则会影响补缩;②横浇道和直浇道也不应先凝固,以免从冒口抽吸铁液。一型多件时,它们的面积都应适当大于内浇道总面积,以确保各个铸件同时、连续和快速进铁,这对防止夹渣、皮下气孔尤为重要。

根据笔者的实践,上述方法比较适合于边冒口。为使冒口下段(与铸件最高点等高段)相对冷却较慢,下段的锥度宜小,可参照起模斜度;上段锥度则宜较大(5°~8°),以引导自上而下的冷却模式(参看图12D和图15,冒口颈芯片是否采用可按具体情况决定)。

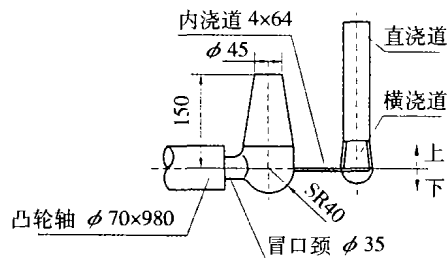


图15 6110凸轮轴的浇注系统和锥形冒口(每型6件)
Fig.15 Gating system and tapered feeder for 6110 camshaft
(6 pcs/per mould)

6 薄、小件补缩通道窄小,冒口补缩不进

薄小球铁件冷却速度快,石墨球数和共晶团数量多,固-液区扩展迅速,导致液态通道窄小,容易堵塞,补缩液体难以进入铸件,特别是补缩液体(或补缩作用)不能远离传递。如果不针对这种情况采取措施,也会导致补缩失败,产生缩松孔。具体对策如下:

(1) 采用工艺补贴开通液态补缩通道——如锡柴在上世纪50年代开始生产的球铁缸套,原工艺如图16A,铸件上、下壁厚均匀,顶部设环形雨淋浇注系统,立注立冷。由于壁薄,补缩通道容易堵塞,容易生产夹心缩松。经反复试验摸索,最后将铸件底部壁厚减薄,并向上逐渐加厚,其上的冒口锥度也加大(图16B),使铸件冷却速度由下向上逐渐减慢,形成向冒口方向扩大的补缩通道,增大了补缩通道扩张角。铸件凝固时,补缩通道由下向上逐渐关闭,使缩松移入冒口,彻底解决了夹心缩松问题。近30年的生产考验证明这种工艺方法是正确的。但补贴只能用于加工面,不是所有薄件都适合。

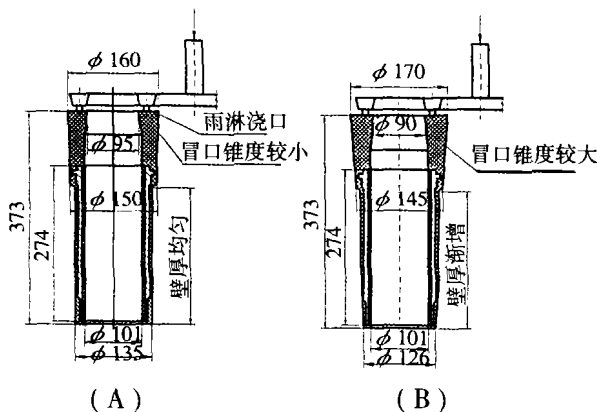


图16 A110球铁缸套工艺
Fig.16 Method of A110 nodular iron cylinder liner

(2) 冒口要直接设在热节上,并采用较大的冒口直径(厚度)/铸件厚度比——由于薄小件补缩通道窄小,畅通时间很短,而热节是通道的入口,迟于铸件其他部位凝固,因而是输入补缩液体最佳部位。如果将冒口设在非热节部位,将会因为这些部位早于热节凝固,过早切断补缩通道,使最后凝固的热节得不到补缩而生产缩松。对薄小件而言,“冒口要靠近铸件热节,又要离开热节”^[6]的

做法更是不妥。上文已说明,只要冒口足够大,所谓“接触热节”对厚大件并无害处;对薄小件而言,为了延长补缩通道入口关闭时间,还需要利用“接触热节”增大热节的作用。实践证明,对于直径在60 mm以上的轴类铸件,只要是通过冒口进铁,冒口直径/铸件直径比1.1~1.2一般已足够;而壁厚为10~20 mm的薄壁件(如下面将提到的支架类铸件),冒口直径一般为50~60 mm,甚至更大,冒口直径为铸件壁厚的3~6倍,原因就是利用冒口增大热节,延长补缩通道入口关闭时间,使铸件得到更充分的补缩。上述的缸套工艺也是将冒口设在铸件最厚大部位(顶部有凸边处),而且通过工艺补贴加大热节,延长补缩通道入口关闭时间,使缩松问题得到解决的。鉴于这种情况,企图统一用某种公式、方法计算冒口尺寸是不现实的,因为现有的公式和方法均未考虑到上述情况。

(3) 尽量扩大冒口和冒口颈覆盖范围——对多热节点的薄小件可采用通过冒口进铁的随形压边冒口,或采用随形边冒口和冒口颈,以便对尽量多的热节直接进行补缩;对于不能直接补缩的热节,则宜使其远离冒口,以便通过较长的流动距离增加铁液降温而避免缩松。如锡柴的6110缸盖采用蠕铁铸造,蠕铁铸造性能与球铁相近(特别是蠕墨较少、球墨较多时),缩松、缩孔和气缩孔问题曾长期难以解决,废品率高达25%以上。1983~1995年曾先后请过多位英国专家和德国专家帮助解决,情况依旧。1998年上静压造型线生产时,在工艺探索过程中曾在排气管侧(热节最多部位)设置6个 $\phi 80 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 的边冒口(冒口颈尺寸为 $60 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$),之后又改为6个同样尺寸的压边冒口补缩(每个冒口压边 $60 \text{ mm} \times 6 \sim 8 \text{ mm}$,见图17A),不但缩松、缩孔未能解决,而且还引起严重的表面缩凹,废品率最高曾达62%。原因是整个排气侧有大量热节点,6个冒口尺寸虽大,冒口颈覆盖范围并不大,很多热节未能覆盖,致使有些热节由于靠近冒口,温度较高,但由于偏离冒口,补缩受阻,因而产生缩松/孔。后来采用3个 55 mm (厚) $\times 90 \text{ mm}$ (高) $\times 200 \text{ mm}$ (长)的扁长方形压边冒口(图17B),并采用大压边量(每个冒口压边 $200 \text{ mm} \times 8 \sim 10 \text{ mm}$),扩大冒口覆盖范围,使排气侧的热节都直接得到补缩。冒口总重量减少了,问题也得到了解决,使废品率降到5%^[6]。

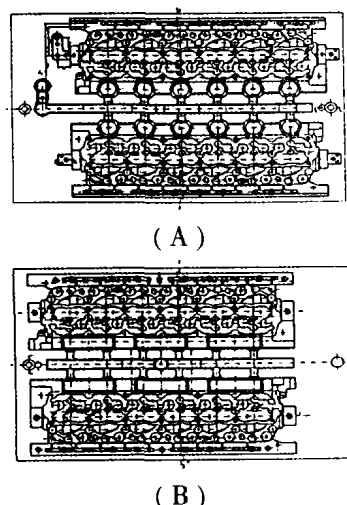


图17 6110 蠕铁缸盖的两种工艺
Fig.17 Two methods of 6110 vermicular iron cylinder head

文献[9]所说的支架缩松问题,笔者多次做过类似铸件,一种方法是对准两个热节各设一个锥形冒口,并采用较薄的内浇口;另一方法也是采用长方形压边冒口,使两个热节都处在压边覆盖范围内,缩松都可避免。上述图7、图8的齿轮工艺之所以失败,也是因为整圈轮缘是狭长形热节,用一、两个冒口覆盖范围太小的缘故。因此,办法只能是:或者冒口放在轮毂上,使这圈热节远离冒口,通过铁液冷却来防止轮缘处缩松(图6);或者采用断续环形压边热冒口(图10),扩大冒口的覆盖范围,使整圈热节都直接得到补缩。

文献[10]所介绍的英国支架铸件缩孔问题如果是采用冷冒口,当然冒口颈越小越好;如果采用热冒口,则可能也是冒口颈覆盖范围小造成的(图18)。这类铸件壁厚较薄,冒口颈部位正好是两壁接合所形成的热节处。热节呈狭长条形,原用冒口颈 40 mm×45 mm 的下段超出了热节范围,超出部分面积是无效面积;冒口改为16 mm×60 mm 后,无效面积缩小,有效面积和覆盖范围反而增加了,因此有利于防止缩孔。锡柴生产的各种型号柴油机都有好几种球铁支架,种类不少于20种,结构都是两块薄板呈不同夹角相接合,薄板上有数个凸台(搭子)和1~2条加强筋。所用工艺有两种:一种是采用长方形随形压边热冒口补缩;另一种是用热边冒口补缩。后者冒口颈厚度都与铸件热节厚度相近,宽度都在兼顾清理方便的前提下尽量大,两种工艺都未发生过冒口颈缩孔问题,只是发现冒口颈偏小、覆盖范围不足时,会引起凸台处缩

凹和内部缩松。这说明冒口颈的有效面积不是越小越好,而是恰好相反。因此,把冒口颈过大说成是引起缩孔原因^[10]是不恰当的。

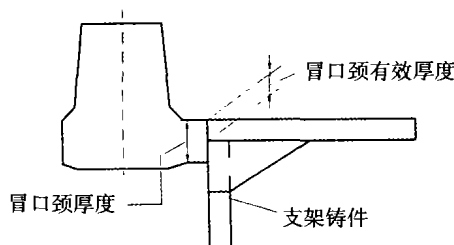


图18 支架铸件及其冒口(按[10]的照片绘制的示意图)
Fig.18 Rack casting and its feeder (sketch drawn based on the photo of [10])

7 结论

(1)除冶金质量和铸型刚度因素之外,冒口补缩失败都是由于工艺方法不恰当造成的,并非不可能成功。

(2)在铸型条件相同的情况下,凡是无冒口铸造能成功的铸件一般都可以用冒口补缩铸造成功。而用冒口补缩能成功的铸件采用无冒口工艺未必都能成功(如大部分湿型铸件)。两种工艺各有其优、缺点,应根据铸件特点,生产批量和生产条件选择。

参 考 文 献

- [1]周亘.球墨铸件无冒口铸造可行性论证和实践——球墨铸铁缩孔、缩松问题探讨(一)[J].现代铸铁.2004(3):1~8.
- [2]徐承祖.球墨铸铁缩松形成机理的探讨与防止方法的研究(研究生毕业论文)[R].西安交通大学.1964:16~20.
- [3]Karsay S.I.灰铸铁和球墨铸铁的补缩方法(第45届国际铸造会议论文中译本)[C].1982.
- [4]查达喜,钮荣华,李铜海,等.大型球铁飞轮的无冒口铸造[J].现代铸铁.2004(3):46~47.
- [5]周亘.车用柴油机蠕墨铸铁缸盖铸造工艺探讨[J].现代铸铁.2003(5):34~38.
- [6]魏兵,袁森,张卫华.铸铁均衡凝固技术及其应用[M].机械工业出版社.1998.
- [7]Heine R.W.Rising Principles Applied to Ductile Iron Castings Made in Green Sand[C]. Transaction of AFS.1979:65~76.
- [8]Heine R.W.Design Method for Tapered Riser Feeding of Ductile Iron Castings in Green Sand[C]. Transactions of AFS.1982:147~158.
- [9]连伟,李福贵,吴继胜,等.薄壁球墨铸铁小件生产技术[J].铸造技术.2003(4):504~505.
- [10]刘金城.运用均衡凝固理论解决英国铸件的缩孔问题[J].铸造技术.2004(2):85~88.